

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-184361

(43)Date of publication of application : 21.07.1995

(51)Int.Cl.

H02K 29/00

F02N 11/04

(21)Application number : 05-326597

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 24.12.1993

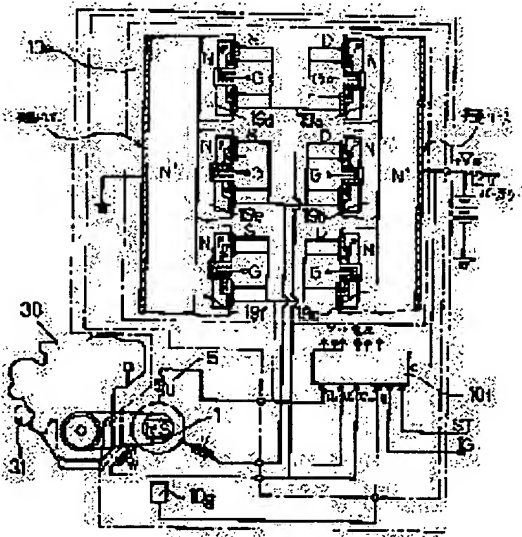
(72)Inventor : KUSASE ARATA
MITANI KENZOU
UMEDA ATSUSHI
TOKURA NORIHITO
SATO HIROHIDE

(54) POWER GENERATION MOTOR FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve dielectric strength of an AC-DC converting element during power generating operation and reduce ON-resistance during operation of a motor by forming a MOS-FET of an AC-DC converting means using SiC material.

CONSTITUTION: A 3-phase full-wave rectifying semiconductor circuit 10e is formed of channel enhancement type MOS power transistors 19a to 19f utilizing single crystal SiC material. An armature current switching control circuit 10f inputs voltages of respective phases VU, VV, VX of a 3-phase armature winding 5 and reads a battery voltage to control to open or close the MOS power transistors 19a to 19f so that the battery voltage becomes constant. With employment of the MOS power transistors 19a to 19f using SiC as the base material, an yielding electric field intensity can be improved and a source parasitic resistance can also be reduced. Moreover, a channel resistance can also be reduced thereby to obtain a 3-phase full-wave rectifying semiconductor circuit 10e for a low loss starting and power generator for vehicle.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3374491

[Date of registration]

29.11.2002

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The rotation field pole rotated with the revolving shaft connected with the engine crankshaft, The armature which has the armature coil wound around the armature coil and this which were fixed to housing, The alternating current-conversion-into-dc means which was constituted by two or more MOSFETs and connected between said armature coils and dc-batteries, The generation-of-electrical-energy mode in which change into a dc output the ac output which generates said MOSFET of this alternating current-conversion-into-dc means in said armature coil, and said dc-battery is charged, So that the rotating magnetic field in which said armature coil has fixed phase contrast to the field of said rotation field pole may be formed They are the generation-of-electrical-energy dynamo-electric means for cars which are equipped with the means for switching which it switches [means for switching] to the electric mode energized to said armature coil, and operates it from said dc-battery, and are characterized by forming said MOSFET considering SiC as a material.

[Claim 2] Said dc-batteries are generation-of-electrical-energy dynamo-electric means for cars according to claim 1 characterized by being less than [24V].

[Claim 3] Generation-of-electrical-energy dynamo-electric means for cars given in either of claims 1 or 2 characterized by sharing a part of total starting torque which carries out electric actuation and, which is interlocked with the exclusive starter formed separately, and an engine needs at the time of said engine starting, or a part of starting torque generating need rotation range [at least], and offering auxiliary starting torque.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the generation-of-electrical-energy dynamo-electric means for cars which have the electric function to give torque to the function and engine which are generated in response to torque from an engine.

[0002]

[Description of the Prior Art] As conventionally shown in JP,63-202255,A, MOSFET is used for the closing motion component which controls the current of an armature coil, and the generation-of-electrical-energy dynamo-electric means which were made to perform withstand voltage compensation of MOSFET of a parenthesis with zener diode are known.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is thought that said conventional technique has fixed effectiveness at the point which is improving the starting function as low on resistance which perceives that the on resistance has need pressure-proofing of a component and the relation of a trade-off in MOS (Si) conventionally, sets up pressure-proofing of MOS low by adding power zener diode, and draws a component proof-pressure layer. However, since energy will concentrate on a component with specific low zener voltage at the time of surge **** and it will be easy to destroy if dispersion is in that power Zener to add must be regular high current ***** as rectifier diode at the time of a generation of electrical energy, and the zener voltage between that component, this conventional technique needs to set up a surge tolerated dose greatly, or needs to check the completion data of zener voltage, needs to let a sorting process pass, and becomes cost quantity extremely. Moreover, the radiation fin for Zener is needed separately, and there are troubles, such as becoming large-sized.

[0004] Namely, the need of protecting a component in generation-of-electrical-energy dynamo-electric means to the high electrical potential difference (in for example, the case of 12V system dc-battery more than a decade 150-300V) generated inside at the time of a generation of electrical energy produces the above-mentioned conventional technique. It does not obtain. therefore, the on resistance of a component -- high (comparing with the case where need component pressure-proofing can be managed with about several times of supply voltage in the machine which performs only electric actuation) -- not becoming -- In order to carry out energization control of the large starting current at the time of dividing that it is also at the high on resistance component (component with a thick proof-pressure layer), and starting a quiescence engine, it becomes still bigger on resistance (since it is a resistance component). The requirements for addition are added at MOSFET, and are solved, and the problem resulting from a requirements addition which mentioned above will newly generate the fault of making the remarkable rate of the impressed battery voltage lose as a voltage drop.

[0005] this invention is solved by adopting the component from which Si-MOS essentially differs the above-mentioned fault conventionally and which is markedly alike and brings about quantity pressure-proofing and a low on resistance property.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The rotation field pole rotated with the revolving shaft with which this invention was connected with the engine crankshaft, The armature which has the armature coil wound around the armature coil and this which were fixed to housing, The alternating current-conversion-into-dc

means which was constituted by two or more MOSFETs and connected between said armature coils and dc-batteries, The generation-of-electrical-energy mode in which change into a dc output the ac output which generates said MOSFET of this alternating current-conversion-into-dc means in said armature coil, and said dc-battery is charged, So that the rotating magnetic field in which said armature coil has fixed phase contrast to the field of said rotation field pole may be formed Having the means for switching which it switches [means for switching] to the electric mode energized to said armature coil, and operates it from said dc-battery, said MOSFET offers the generation-of-electrical-energy dynamo-electric means for cars characterized by forming SiC as a material.

[0007]

[Function and Effect(s) of the Invention] Since a part to be lost as a voltage drop in the component section by having applied SiC to MOS-FET of an alternating current-conversion-into-dc means by which it can ask for low on resistance from a high current at the time of electric can decrease remarkably and it can give that it almost continues being battery voltage ** to an armature winding while being able to ask for high pressure-proofing at the time of a generation of electrical energy according to the above-mentioned configuration, good driving torque can be acquired.

[0008]

[Example] The example of this invention is explained based on a drawing below. Drawing 1 is the block diagram showing the first example of ****. A generator is constituted by the Sanso Electric child coil 5 in which an induction generation of electrical energy is carried out by the magneto system rotator 1 which does not have an excitation accommodation means, and the rotator. This generator is driven the accelerating ratio 3 [about] by the belt with the car engine 30 put into operation with a starter.

[0009] Drawing 2 - drawing 5 show the configuration of a generator. As shown in these drawings, the generator outer shell consists of the front housing 14 and the rear housing 15 which consist of an electric good conductive metal of one, and is combined by four through bolts 23. A stator core 2 is fixed to the inner circumference of housing 14 and 15, and the stator core 2 is looped around the Sanso Electric child coil 5.

[0010] The bearings 21 and 22 fixed to housing 14 and 15 are supported for the rotator, enabling free rotation. The rotator 1 is 16 poles and a multipolar field child, and is constituted by a magnet 18, the rotor core 12, the nonmagnetic member 20 that supports them, and the shaft 16. Inside the rear housing 15, the accumulation rectifier 10 is being fixed on the screw. The accumulation rectifier 10 is arranged in the approach location of said Sanso Electric child coil terminal, and has the input/output terminal of input terminal 10b of the three-phase-alternating-current output current and direct-current output terminal 10c which extended in short distance, and dc-battery signal input terminal 10b even in the location corresponding to the takeoff connection of an armature-winding terminal. In the location of the below-mentioned regurgitation aperture 26 of the cooling style, connection of the Sanso Electric child coil 5 and the three-phase-alternating-current current input terminal 10b is carried out by soft soldering. Connection of the harness (not shown) which connects direct-current output terminal 10c and the positive-electrode terminal of a car dc-battery (not shown) is carried out with a nut, and connection of 10d of dc-battery signal input terminals and the engine key switch signal terminal 10a is carried out by the connector. Really [this] fabricated accumulation rectification 10 is ****(ed) by the metal electromagnetic shielding member 9 except for the input terminal for electromagnetic shielding and heat dissipation.

[0011] The accumulation rectifier 10 has three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit 10e, 10f of armature current change control circuits which control it, and 10g of field positive-electrode angle-of-rotation detecting elements. As shown in drawing 2 , 10g of these field positive-electrode angle-of-rotation detecting elements approached the magnet 8 formed in said field rotator, and they are projected rather than crown plate member 9a of said accumulation rectifier, and they possess the field sensor (not shown) into this part.

[0012] The fan 17 is formed in the rotator 1 at the both-sides end face, and it inhales from the inhalation aperture 25 in which 24 of the cooling style was prepared by the front housing 14 and the rear housing 15. The accumulation rectification 10, the inhalation aperture 25, and the regurgitation aperture 26 are arranged so that it may stand in a line in the centrifugal direction mostly. Thereby, the regurgitation of the part of the cooling style is carried out from the regurgitation aperture 26 in the front face of head-lining flank material

9a of the electromagnetic shielding member 9 which meets a fan 17 and a fan's 17 shroud makes. Moreover, similarly, bottom flank material 9b of the electromagnetic shielding member 9 is stuck to heat transfer fitness, and is attached in the rear housing 15.

[0013] The accumulation rectifier 10 which has the above-mentioned configuration is compared with the three-phase-full-wave-rectification machine of the AC generator for cars which has the conventional voltage regulator (regulator) and conventional three-phase-full-wave-rectification machine of the AC generator for cars. It came shaft-orientations rear housing 15, and the pulse duty factor of end-face **** is burned and halved. By this space-saving-ization The inhalation-of-air window surface product of rear housing rises, overtemperature protection descent of said not only rectification control unit but said armature winding is brought about by reduction of a draft resistance, wiring and the increment in lead-wire ***** are controlled, and a torque loss can be reduced.

[0014] Next, circuitry is explained to a detail based on drawing 1. Three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit 10e is a three-phase-full-wave-rectification machine with which especially a crystal structure consists of MOS power transistors 19a-19f of the channel enhancement type type which carries out the material of the SiC of a single crystal called the so-called 6 H-SiC. Had transistor 19a - 19c common source field and the electrode of a high side, and each phase outgoing end of the Sanso Electric child coil 5 and the high order edge of a dc-battery 21 are connected. The transistors 10d-19f of a low side have the common drain field and the electrode, and have connected each phase outgoing end of the Sanso Electric child coil 5, and the lower order edge of a dc-battery 21.

[0015] 10f of armature current change control circuits has inputted each phase generation-of-electrical-energy electrical potential differences V_u , V_v , and V_w from each phase outgoing end of the Sanso Electric child coil 5 inputted, and they are controlling the gate voltage impressed to each MOS power transistors [19a-19f] gate electrode based on these input signals. That is, 10f of armature current change-over control circuits of the accumulation rectification control device 10 reads the electrical potential difference of a dc-battery 21, and if it curves, closing motion control of MOS power transistors 19a-19f will be carried out so that it may become fixed. And it is made to perform the change control with synchronous frequency so that the rotating magnetic field which the armature current makes may rotate with a rotator field positive electrode and a predetermined include angle based on the output signal of 10g of angle-of-rotation detecting elements of said field positive electrode.

[0016] Moreover, the armature current is made to be switched to timing which the key switch signal IG and engine start signal ST are inputted, and the location of the above-mentioned rotating magnetic field intersects perpendicularly to said field positive electrode at the time of an engine start, and carries out motor actuation of the 10f of the above-mentioned armature current change-over control circuits. The detail of MOS power transistor type three-phase-full-wave-rectification machine semiconductor circuit 10e using the above-mentioned SiC is hereafter explained further with reference to drawing 6 and drawing 7, and drawing 8. However, drawing 6 is the inverter circuit Fig. which expressed the MOS power transistor type three-phase-full-wave-rectification machine semiconductor circuit of this example in the style of a copy circuit, and drawing 7 and drawing 8 show a part of MOS power transistors [19a-19f] cross-section structure.

[0017] The inverter circuit of the N-channel MOS power transistor of drawing 6 The drain electrode D of MOS power transistors 19a, 19b, and 19c of a high side and the MOS power transistors [of a low side / 19d, 19e, and 19f] source electrode S are connected to the 1 phase outgoing end of the Sanso Electric child coil 5. The MOS power transistors [of a low side / 19d, 19e, and 19f] drain electrode D is connected to the lower order edge of a dc-battery 21, and the source electrode S of MOS power transistor 101 of a high side is connected to the high order edge of a dc-battery 21. In addition, the direction of the charging current and the electronic migration direction of [at the time of dc-battery charge] are reverse, and a source electrode says the electrode of the side which pours in the carrier charge at the time of this charge to a channel.

[0018] MOS power transistors 19a-19c and 19d-19f show to drawing 7 -- as -- P type -- a well -- between a field 103, i.e., the field of gate electrode 110 directly under, and the source electrode S or the drain electrode D Although the parasitism diode Ds by the side of source connection and the parasitism diode Dd by the side of drain connection arise as everyone knows P type -- a well -- the P type of MOS power transistors 19a, 19b, and 19c of the need for potential grant to a high side to a field 103 -- a well -- a field

103 is connected to the drain electrode D through the high resistor 120.

[0019] on the other hand -- the MOS power transistor of a low side -- the P type -- a well -- the P type from the need for the potential grant to a field 103 -- a well -- the field 103 and the source electrode S have short-circuited. Thereby, the parasitism diode Ds by the side of the source connection in MOS power transistors 19a, 19b, and 19c of a high side prevents the above-mentioned back flow from a dc-battery 21.

[0020] On the other hand, the high resistor 120 which has the high resistance of 150 ohms or more compresses into tolerance the back flow of the current to which a current is similar in the parasitism diode Dd by the side of drain connection, when a generation-of-electrical-energy electrical potential difference, i.e., the source potential of MOS power transistor 101 of a low side, is forward, and when the MOS power transistor (not shown) turns off.

[0021] Next, a part of cross-section structure of MOS power transistor 101 of the high side of the two phase full wave rectifier 10 of drawing 6 is explained with reference to drawing 8. N+ of SiC the N type proof-pressure layer 105 forms with epitaxial growth on the mold substrate 106 -- having -- the surface section of the N type proof-pressure layer 105 -- P type -- a well -- when a field 103 carries out the ion implantation of the aluminum, it forms -- having -- further -- P type -- a well -- it is formed when N+ mold field 104 carries out the ion implantation of the nitrogen to the surface section of a field 103. And a trench 108 is cut by well-known R, i, and E dry etching, carrying out opening only of the trench formation schedule field on the front face of a wafer, and carrying out a mask by the resist or the insulator layer, the gate dielectric film 109 which consists of silicon oxide by the oxidizing [thermally] method is formed in the front face of a trench 108 after that, and the gate electrode 110 which becomes a trench 108 from doping DOPORI silicon is formed after that.

[0022] then, photolithography -- a field insulator layer (not shown) -- opening -- carrying out -- the nickel electrode 111 -- N+ the mold field (source electrode) 104 and P type -- a well -- a field 103 -- contacting -- the golden electrode 112 -- N+ The mold substrate (drain electrode) 106 is contacted and a component is completed. This nickel electrode 111 is formed by sputtering or vacuum deposition.

[0023] thus -- if it carries out -- the nickel electrode 111 and P type -- a well -- the alloy layer of high resistance of nickel and SiC (not shown) is formed between fields 103, and this alloy layer constitutes the high resistor 120. The manufacture approach of the above-mentioned quantity resistor 120 is easy, and has the advantage which does not extend manufacture height. the high side transistors 19a-19c -- setting -- a high resistor -- a drain field and a well -- since it connects with the parasitism diode between fields (parasitism diode Dd by the side of drain connection), and juxtaposition -- a well -- potential grant of the field is carried out through this high resistor. thus -- if it carries out -- a source field and a well -- the dc-battery charging currents which flow through the parasitism diode between fields (parasitism diode Ds by the side of source connection) are sharply reduced by the high resistor, and dc-battery overcharge is inhibited good.

[0024] since the above-mentioned source connection of the high resistor is made in the low side transistors 19d-19f -- a well -- potential grant of the field is carried out through this high resistor. If it does in this way, the potential of the Sanso Electric child coil is high, and when the drain potential of a MOS power transistor is low, although the above-mentioned parasitism diode Dd serves as forward bias, the current which flows backwards through this parasitism diode Dd from a dc-battery will be inhibited by this high resistor good.

[0025] therefore -- this MOS power transistor with a built-in high resistor -- a well -- the potential grant to a field sake -- a well -- it is not necessary to short-circuit a field and a drain field consequently, a well -- a proof-pressure layer can be prepared between a field and a drain field. since this does not need to prepare a proof-pressure layer between a source electrode and the channel start edge, it means that the big power loss and big generation of heat based on the source parasitism resistance Rs are boiled markedly, and can be reduced.

[0026] In this example, when MOS power transistor OFF is being carried out and the high voltage (for example, +300V) is impressed between the source field 106 and the drain electrode 111, a depletion layer will mainly be jutted out over the N type proof-pressure layer 105, and this high voltage will be borne. Consequently, this N type proof-pressure layer 105 serves as the source feedback resistor Rs, and as mentioned above, power loss is generated according to resistance of itself, and the increment effectiveness

in channel resistance.

[0027] However, since it is made from a single crystal Si in this example, the thickness and impure person concentration of the N type proof-pressure layer 105 can be sharply improved as compared with conventional Si. Hereafter, the design condition of the N type proof-pressure layer 105 in the case of being referred to as ***** 300V of the N type proof-pressure layer 105 is considered. In the case of Si, that breakdown field strength is about 30v/micrometer, the thickness of the N type proof-pressure layer 105 is set to about 20 micrometers, and that high impurity concentration is abbreviation 1×10^{15} atom / cm^3 . Becoming, the resistivity of this Si-N quantity proof-pressure layer 105 serves as 5 ohm-cm.

[0028] On the other hand, in SiC, that breakdown field strength is about 400v/micrometer, the thickness of the N type proof-pressure layer 105 is set to about 4 micrometers, and that high impurity concentration is an abbreviation 2×10^{16} atom atom / cm^3 . Becoming [consequently], the resistivity of this N type proof-pressure layer 105 serves as about 1.25 ohm-cm. Therefore, since resistance of N quantity proof-pressure layer 105 is resistivity x thickness, as compared with the N type proof-pressure layer 105 of Si, reduction of about 1/of N type proof-pressure layers 105 of SiC is attained to the resistance of 20.

[0029] After all, as it can decrease to abbreviation 1/15 as compared with Si and explanation was given [above-mentioned] according to it, channel resistance can also decrease sharply, and the above-mentioned source parasitism resistance R_s in the MOS power transistor of above SiC can realize the three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit section 19 very for starting-cum-the generators for cars of low loss according to those synergistic effects.

[0030] That is, by having adopted SiC showed that the three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit section 19 with the outstanding effectiveness which cannot be predicted was realizable from the conventional thing, when the breakdown field strength of the N type proof-pressure layer 105 improved. Naturally, the above-mentioned relation is also the same as when other high voltages other than 300V are impressed to the N type proof-pressure layer 105. Other operation effectiveness of the three-phase-full-wave-rectification machine semiconductor circuit section 19 of this example constituted as mentioned above is explained below.

[0031] With this magneto system generator, in a high rotation region, since a generation-of-electrical-energy electrical potential difference increased, with the conventional MOS power transistor type three-phase-full-wave-rectification vessel, there was a problem overcharged in a dc-battery also in the time of OFF of a MOS power transistor. this -- the antisuckback from the dc-battery to the Sanso Electric child coil sake -- the parasitism diode D_d -- connecting too hastily -- a well -- it is because potential grant must be carried out to a field. in order to solve this problem -- this example -- the drain electrode D of MOS power transistors 19a-19c of the high side of the three-phase-full-wave-rectification machine 19, and P type -- a well -- a field 103 -- the high resistor 120 -- connecting -- this high height object 120 -- leading -- P type -- a well -- potential grant is carried out to a field 103.

[0032] If it does in this way, in order that the parasitism diode D_d of MOS power transistors 19a-19c of a high side may prevent the dc-battery charging current which bypasses a channel, overcharge of a dc-battery 21 is prevented. moreover, the high resistor 120 of a low side transistor does not have tolerance in the short-circuit current of the Sanso Electric child coil -- it is alike and restricts. Next, the voltage-current property of Si diode, the MOS power transistor of Si, and the MOS power transistor of SiC manufactured in the same chip size and the design Ruhr is shown in drawing 9 - drawing 10 . However, those pressure-proofing is set to 250V. Drawing 9 shows the property of Si diode, drawing 10 shows the property of the MOS power transistor of Si, and drawing 11 shows the trial property of the MOS power transistor of SiC. In the conditions of current 75between source drains A, the three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit 19 of this example became possible [reducing power losses more than 90& as compared with the conventional three-phase-full-wave-rectification machine] so that drawing 9 - drawing 10 might show.

[0033] An example of the count result about the rate of on resistance at the time of changing demand pressure-proofing of a MOS power transistor into drawing 11 is shown. In addition, although this rate of on resistance is the sum of channel resistance and resistance of the N type proof-pressure layer 105, and especially channel resistance is changed by various factors, in a high proof-pressure field, it becomes dominant above-mentioned resisting [of the N type proof-pressure layer 105] it so that drawing 12 may

show.

[0034] That is, even if pressure-proofing increases, the channel resistance itself hardly changes, but resistance of the N type proof-pressure layer 105 increases, maintaining a forward correlation at pressure-proofing (when the increment in the channel resistance by the above-mentioned feedback effectiveness by the increment in the source parasitism resistance R_s is disregarded). Therefore, at Si, although the rate of on resistance increases from about proof-pressure 25V-like proportionally with the increment in a proof pressure, by SiC, it turns out that proof-pressure 250V can disregard most increments in resistance of the N type proof-pressure layer 105, and the rate of on resistance increases slowly for the first time exceeding proof-pressure 250V.

[0035] In this example, MOS power transistors 19a-19c of a high side can be made into the common source structure of having a proof-pressure layer in a source side. Since MOS power transistors 19d-19f of a low side can be made into the common drain structure of having a proof-pressure layer in a drain side As shown in drawing 1, high side MOS power transistors 19a-19c of the common source are constituted from one chip, and as shown in drawing 17, MOS power transistors 19d-19f of the low side of a common drain consist of one chip.

[0036] Furthermore, when it explains in detail, it sets to drawing 1 and is N+. The mold substrate 106 constitutes the common source electrode S of angle MOS power transistors 19a-19c of a high side. Only the distance in which a punch-through is impossible separates enough mutually, and Fields 103a-103c are formed according to an individual. a substrate 106 top -- the P type of **** -- a well -- every P mold -- a well -- the surface section of Fields 103a-103c -- respectively -- N+ The drain fields 104a-104c of a mold are formed according to an individual. every P mold -- a well -- the gate electrodes 110a-110c are arranged in the surface section of Fields 103a-103c through an insulator layer 109, and it flows through each drain fields 104a-104c according to an individual in the proof-pressure phase 105 with the gate electrodes 110a-110c.

[0037] If it does in this way, the outstanding effectiveness that the half bridge which consists of MOS power transistors 19a-19c of three high sides on 1 chip can be accumulated without increasing height in any way will be done so. Moreover, since the power loss of each MOS power transistors 19a-19c is small, it is also avoidable that each inhibition elevated-temperature-izes by the above-mentioned accumulation.

[0038] Moreover, it sets to drawing 1 and is N+. The mold substrate 106 constitutes the each MOS power transistors [of a low side / 19d-19f] common drain electrode D. Only the distance in which a punch-through is impossible separates enough mutually a well with a - of 103d [of fields], and it is formed according to an individual. a substrate 106 top -- the P type of each phase -- every P mold -- a well -- the Fields [103d-103f] surface section -- respectively -- N+ The source fields 104d-104f of a mold are formed according to an individual. every P mold -- a well -- the gate electrodes 110d-110f are arranged in the Fields [103d-103f] surface section through an insulator layer 109, and the proof-pressure layer 105 is made to flow through the drain fields 104d-104f to write according to an individual with the gate electrodes 110d-110f

[0039] If it does in this way, three outstanding effectiveness that yes, the half bridge which consists of power transistors 19d-19f of MOS of a sand can be accumulated, without increasing a process in any way will be done so on 1 chip. Moreover, since 19d power loss of 19 f of each MOS power transistor is small, it is also avoidable that each component elevated-temperature-izes by the above-mentioned accumulation.

[0040] To as mentioned above, full-wave-rectification semiconductor circuit 10e which can ask for low on resistance from the high current which flows when there is no reverse electromotive voltage at the time of starting, while being able to ask for high pressure-proofing, since [which has a generation-of-electrical-energy function] it is especially magneto system A part to be lost as a voltage drop in the component section by having used single crystal 6 H-Si decreases remarkably. Since as [battery voltage **] was almost given to the armature winding, as it is shown in drawing 12, at the time of starting 50% of targets, In **** rotational frequency 100rpm, about 60% and the fast improvement effectiveness in torque are acquired. The key objective target of this invention could be achieved, since it did with the bidirectional rectification controlling element which intercepts the power-source sheet which is going to lead parasitism diode to the forward direction further again by the high resistive layer, the field rotator could consider as the permanent magnet type of small low cost, and the 2nd purpose of this invention was able to be

achieved.

[0041] In addition, drawing 12 is an experimental value when operating 12V120 first class and an armature core outer-diameter abbreviation phi130mm thing as a starter as a generator, and, in the case of the pulley ratio 2.9, is plotted as starting by the side of an engine crank pulley. In addition, one more large 10 point is based on having compared the torque in **** rotational frequency 100rpm with the time of starting (rotational frequency = 0rpm), having lessened number of turns by the ability carrying out the terminal voltage establishment of the number of turns of an armature winding required as a generator at least by the on resistance improvement of a component, since the R/C of the torque of 100rpm is [a SiC transistor] low on resistance like the above-mentioned, and the alternating current impedance having fallen. thus, it is based on SiC adoption -- secondary -- it turned out that degree effectiveness is also born.

[0042] To eye backlash which is the multi-electrode field rotator of 16 poles by which an accelerating drive is carried out by the belt to an engine as the above-mentioned configuration described, in addition, the impetus frequency Even when an engine idle is about 500 rpm, 200Hz and an engine are very as expensive as about 2kHz during high-speed operation. in addition, since it usually comes out to choose carrier frequency as the about about 10 times for the reduction in the noise and said MOSFET has it, the closing motion frequency of MOSFET is very high (2kHz - 20kHz).

[0043] In this case, although it turns out that radiation of a noise electric wave is remarkable and there is a problem practically when it will be hard to gather the speed of flow control, if a wiring INGUKU wardrobe is in said rectifier-circuit section Like this invention, a pulse-signal and a part with power change are formed into an accumulation package, this is ****(ed) with the metal plate for noise prevention, and there is outstanding effectiveness that generating of the above-mentioned trouble can be prevented, by having equipped metal front housing and the inner center section of RIYA with this further.

[0044]

[Other Example(s)] Drawing 13 proposes the control system of said three-phase-full-wave-rectification semiconductor circuit 10e, and this control is performed by the controller (not shown) by which functional integration was carried out at the car engine control computer. Of course, 10f of armature current change circuits can also perform this control action.

[0045] This control action is explained below. First, battery voltage is inputted (200) and a dc-battery charge condition is presumed based on it (202). Next, the input generator voltage signals Vu, Vv, and Vw are inputted from each phase outgoing end of the Sanso Electric child coil 5 (204). After being based on them, calculate the line voltage of each phase and field pole (206) include-angle detection is carried out (2061). A presumed include angle is given by the presumed logic beforehand defined when include-angle detection, such as the time of quiescence, went wrong (2062). While choosing whether they are the time when it should input whether IG signal with possible engine ignition is inputted (2063), and the engine trigger signal is coming (2064), and should start, and the time when it should generate electricity When change selection is made and SiCMOSFET should be generated so that it may become motor actuation, when it should start it is a linear pressure -- the phase which is the electrical potential difference on which an electrical potential difference exceeds battery voltage, and is the direction which charges a dc-battery is detected, and the MOS power transistor of the high side connected between the lines of the phase and a low side is chosen (208).

[0046] Next, from phase voltage, a generator engine speed is calculated (210), an engine engine speed is detected based on it, and it stores in memory (212). Next, engine rotation pulsation of the secondary rotation harmonic content (in the case of a 4-cylinder) based on the torque unevenness accompanying the engine irregular combustion at the time of an idle, 3rd rotation harmonic content (in the case of 6-cylinder), etc. is detected (214).

[0047] Next, based on the calculated dc-battery charge condition and the controlled variable which searched the control pattern beforehand defined from engine rotation pulsation (216), determined controlled variables, such as MOS power transistors [19a-19f] flow time amount and closing motion timing, and was determined, closing motion control of MOS power transistors 19a-19f is carried out (218). If it does in this way, when dc-battery remaining capacity is smallness, generation-of-electrical-energy control which thought charge as important will be performed, and it will become possible for engine rotation pulsating quantity to change the amount of generations of electrical energy so that engine rotation pulsation may be

controlled in an adult case, and to perform a torque control, for example.

[0048] In addition, conventionally, in the case of a field type coil type generator, mechanical vibration causes propagation rotation failure at a field coil, or the time constant of a field circuit is large and, as for having not resulted in utilization, although the inhibitory control to pulsation of such rotation was considered theoretically, it has considered that it is not suitable for controlling rotational pulsation at high speed as the cause. Moreover, in the case of a permanent magnet rotator, it is raised that the means which can control the output current to low loss as mentioned above was not discovered. Reduction of an engine rotational vibration is realizable with this example, inhibiting increase of power loss.

[0049] In the above-mentioned rank example, MOS power transistors 19a-19c of a high side and MOS power transistors [of a low side / 19d-19f] either can also be permuted by PN-junction diode, and SiC-MOSFET and Si-MOSFET can also be mixed. Furthermore, this example is applicable also to the field coil type rotator which does not control the amount of excitation magnetic flux, and also applicable to the rotator of the structure which uses a field coil and a magnet together.

[0050] Although the above explanation explained three phase full wave accumulation mold equipment 10 rectifier of starting-cum-the generator for cars, since three-phase-full-wave-rectification machine semiconductor circuit 10e of this example is switchable, naturally it can be adopted or made to serve a double purpose also as a switching inverter circuit which generates a three-phase-alternating-current electrical potential difference. Moreover, although the generator is driven by the crank pulley in the above explanation, it may be a gear or you may be a planetary roller, and belt driving of the ring wheel by the side of missions may be carried out by this as a major-diameter pulley again, or you may be direct connection. Moreover, you may be ***** although the above explanation shows the example which made one the full-wave-rectifier-circuit section and the rectification control circuit section, and an include-angle detecting element. Moreover, although the generator is made into the permanent magnet type in the above example, even if it is a field-winding type, it is not necessary to say that suitable effectiveness is born.

[0051] Moreover, although the above example shows indicating that this starting-cum-generator operates as an auxiliary starter, and bringing about the miniaturization effectiveness of the Maine starter, it is also possible to choose a high accelerating ratio suitably among two to about five, and for the Maine starter to make the pulley ratio of a belt there be nothing, and to provide all starting torque, and the effectiveness that the Maine starter is omissible in this case is born. Moreover, the large lock torque at the time of starting can be made to be able to share with the Maine starter, and the auxiliary drive of the **** rotational frequency region can also be carried out only with this starting-cum-generator after starting.

[0052] Moreover, although the above explanation shows the configuration which accelerates the power transfer with an engine at the rate of a constant ratio, and performs it, it is not necessary to say that there are an adjustable-speed device and effectiveness that the electrical-potential-difference loss which need electric torque, i.e., a component ***** style, will have, will end, and will be lost in component on resistance if it carries out through a clutch also becomes small. [more few] Moreover, although it becomes unnecessary to adopt the power zener diode for generation-of-electrical-energy large power surge absorption and this is not used with the above configuration, depending on a car, a bigger addition surge than the exterior is guided to an output line, and the dependability of a display may be fallen. Zener for absorbing such an outpatient department surge of small energy, and in this case, adding a capacitor etc. -- this contractor -- while it is easy, it is not necessary to say belonging to the range of the configuration / operation effectiveness of the invention in this application

(**** of the relation of the pressure-proofing and the resistance of Si-MOS power transistor and a SiC-MOS power transistor) Although MOS power transistors 19a-19f of each above-mentioned example are made from 6 H-SiC in addition and being designed to proof-pressure 250V The **** effectiveness (refer to drawing 12) of the resistance of the three-phase-full-wave-rectification machine 19 for the AC generators for cars using MOS power transistors 19a-19f of these 6 H-SiC and the three-phase-full-wave-rectification machine 19 of the AC generator for cars using the MOS power transistor of Si is explained theoretically below.

[0053] However, the increment effectiveness in channel resistance by the feedback effectiveness of the source parasitism resistance R_s shall be disregarded here. Moreover, circuit structure is made into the vertical mold structure of drawing 8 , and a chip area is made equal. The resistance R of a transistor is the

channel resistance r_c and r_{N+} . It is the sum with the resistance r_b of the mold proof-pressure layer 105, and is [0054].

[Equation 1]

$$r_c = L/W / (1 - \epsilon_{\text{second}} / \epsilon_{\text{silicon}} - 1 - (T_{ox} / (V_g - V_t)))$$

[0055]

[Equation 2]

$$r_b = 4V_b^2 - (1 - \epsilon_{\text{micro}} / \epsilon_{\text{silicon}} - \epsilon_{\text{o}} - E_c - A)$$

When carried out, as compared with the MOS power transistor of Si, about 1/10 of MOS power transistors of SiC became the resistance of 15. However, the breakdown field strength E_c -- Si -- 3×10^5 and SiC -- 3×10^6 V/cm and specific-inductive-capacity $\epsilon_{\text{silicon}}$ -- Si -- 11. -- as for both 10.0 and the area A, 8, 8, and SiC of 2 and V_b are PUREKU down ** (proof pressure) 1mm.

[0056] furthermore, μ -- electronic bulk mobility -- it is -- Si -- 1100 and SiC are [222 micrometers and μ_{Si} of both 1 micrometer and channel width W] electronic channel mobility, and Si made 500 and SiC 100cm²/(V-S) for both 370cm²/(V-S) and the channel length L. The above-mentioned formula showed that resistance became [the direction of SiC] small more than by proof-pressure 50V. in addition, since it sees by the above-mentioned count and the substrate is used as the drain, when using a substrate as the source, resistance of Si should be markedly boiled by the increment in channel resistance by the feedback effectiveness of the source parasitism resistance R_s which gave [above-mentioned] explanation, and it should increase -- it comes out.

[0057] Therefore, even if the design Ruhr changes somewhat, it can be presumed more than by proof-pressure 100V that the MOS power transistor of SiC serves as ***** certainly.

[Translation done.]

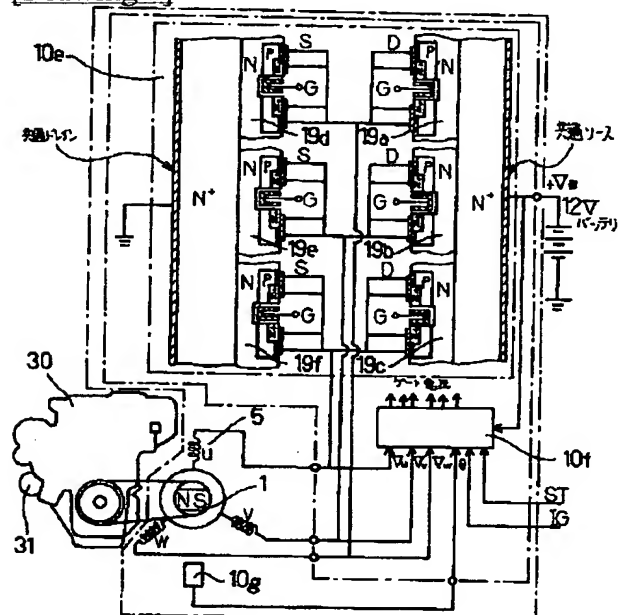
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

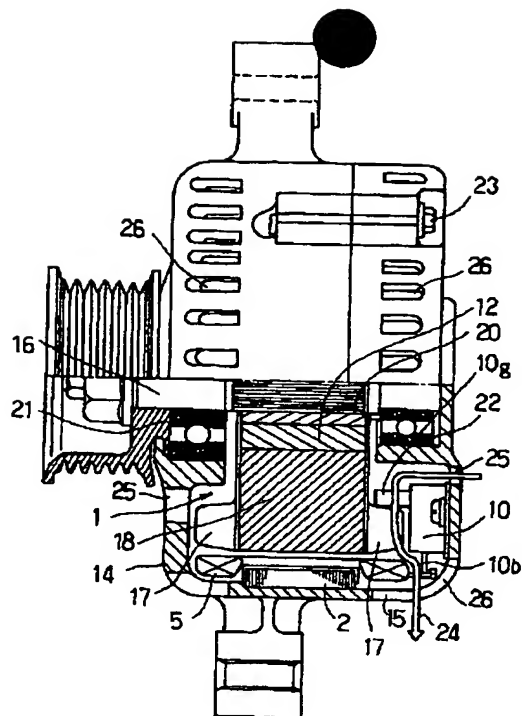
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

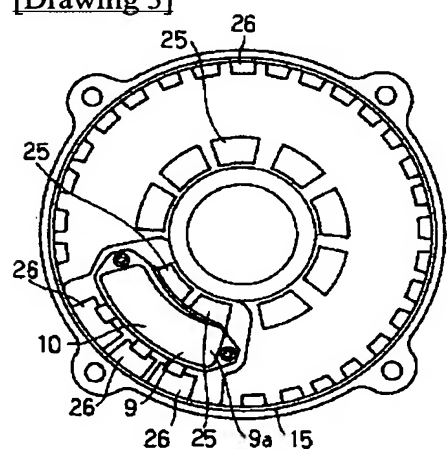
[Drawing 1]



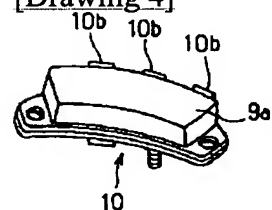
[Drawing 2]



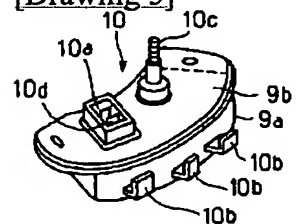
[Drawing 3]



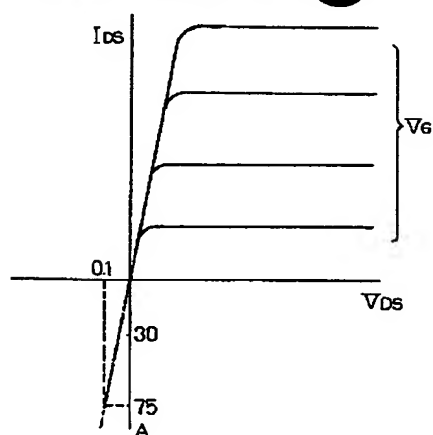
[Drawing 4]



[Drawing 5]

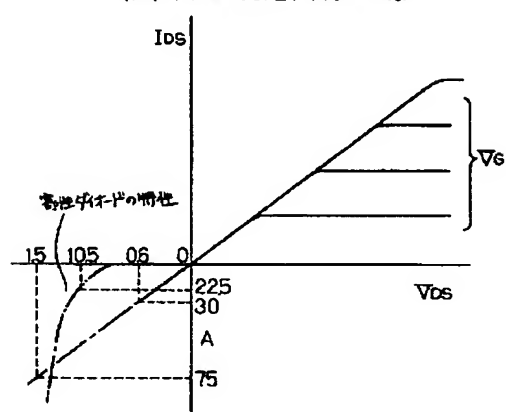


(本発明でのSiC-MOSFETの特性)



[Drawing 10]

(従来のSi-MOSFETの特性の例)

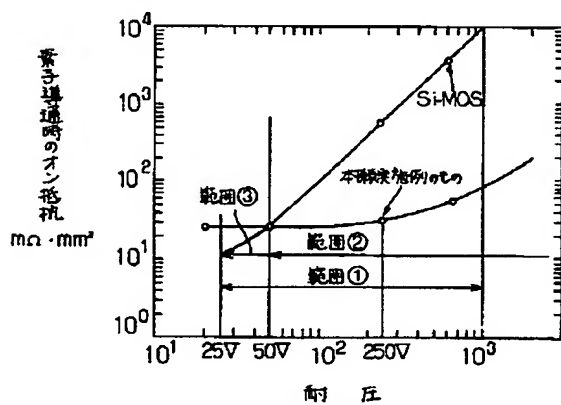


[Drawing 11]

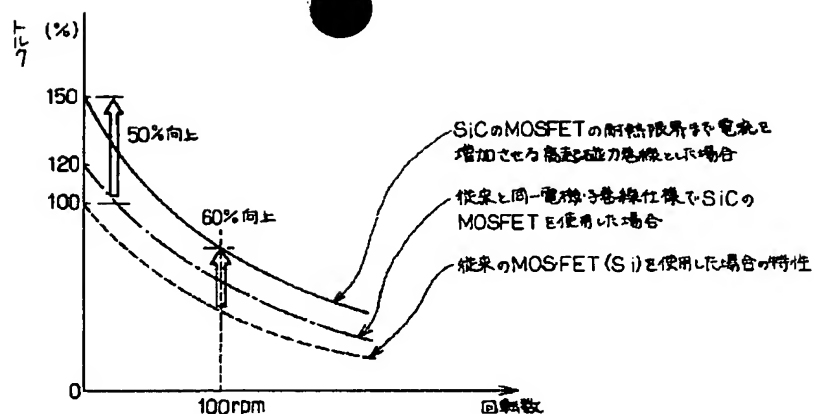
図①…車両用交流発電機電圧素子としての両圧の設定範囲

範囲②…素子とSiCとした方が効果がある範囲

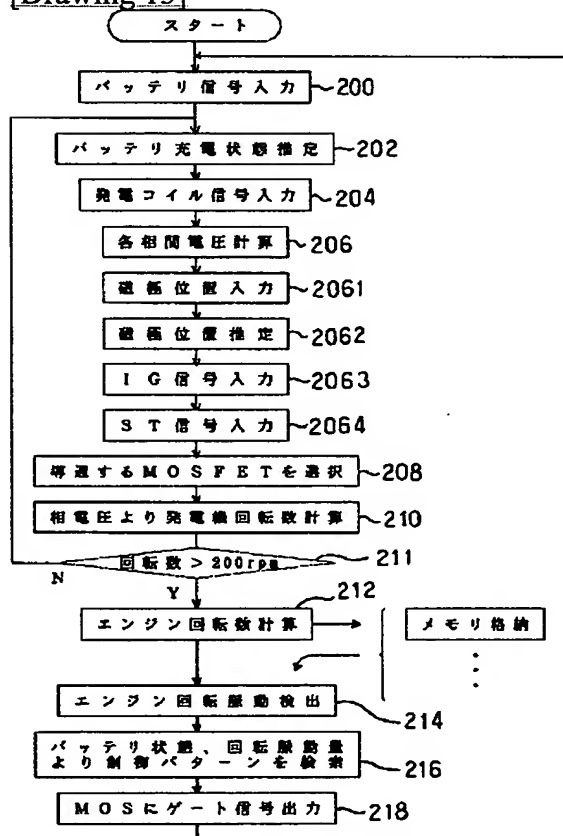
範囲③…素子にS1の方が効果がある範囲



[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-184361

(43)Date of publication of application : 21.07.1995

(51)Int.Cl.

H02K 29/00
F02N 11/04

(21)Application number : 05-326597

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 24.12.1993

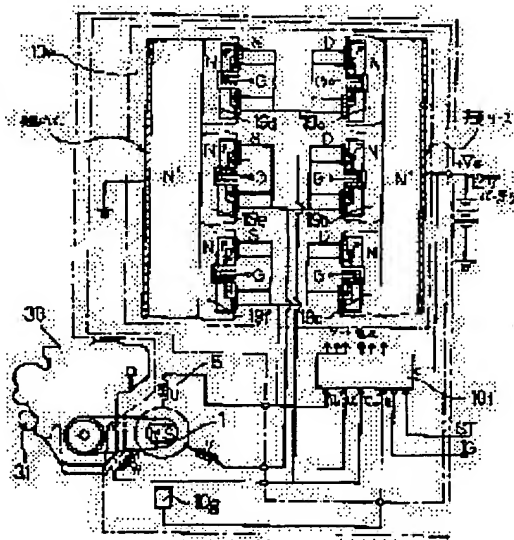
(72)Inventor : KUSASE ARATA
MITANI KENZOU
UMEDA ATSUSHI
TOKURA NORIHITO
SATO HIROHIDE

(54) POWER GENERATION MOTOR FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve dielectric strength of an AC-DC converting element during power generating operation and reduce ON-resistance during operation of a motor by forming a MOS-FET of an AC-DC converting means using SiC material.

CONSTITUTION: A 3-phase full-wave rectifying semiconductor circuit 10e is formed of channel enhancement type MOS power transistors 19a to 19f utilizing single crystal SiC material. An armature current switching control circuit 10f inputs voltages of respective phases VU, VV, VX of a 3-phase armature winding 5 and reads a battery voltage to control to open or close the MOS power transistors 19a to 19f so that the battery voltage becomes constant. With employment of the MOS power transistors 19a to 19f using SiC as the base material, an yielding electric field intensity can be improved and a source parasitic resistance can also be reduced. Moreover, a channel resistance can also be reduced thereby to obtain a 3-phase full-wave rectifying semiconductor circuit 10e for a low loss starting and power generator for vehicle.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3374491

[Date of registration] 29.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 1 8 4 3 6 1

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 2 K 29/00

F 0 2 N 11/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3

O L

(全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平5-326597

(22) 出願日 平成5年(1993)12月24日

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 草瀬 新

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装

株式会社内

(72) 発明者 三谷 涓三

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装

株式会社内

(72) 発明者 梅田 敦司

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 碓氷 裕彦

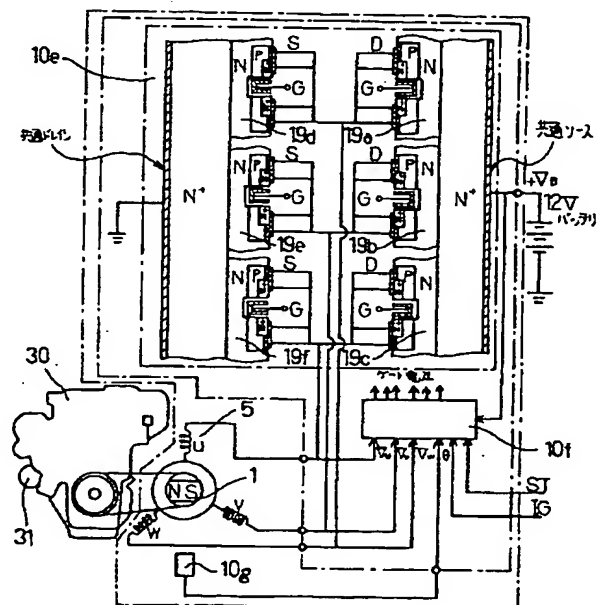
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両用発電電動装置

(57) 【要約】

【目的】 車両用発電電動機の交流・直流変換素子の発電作動時の耐圧性向上、電動作動時の低オン抵抗化を図る。

【構成】 エンジンのクランク軸に連結された回転軸と共に回転する回転界磁極と、ハウジングに固定された電機子コイルおよびこれに巻回された電機子コイルを有する電機子と、複数のMOSFETにより構成され、前記電機子コイルとバッテリーとの間に接続された交流-直流交換手段と、この交流-直流交換手段の前記MOSFETを、前記電機子コイルに発生する交流出力を直流出力に変換して前記バッテリーを充電する発電モードと、前記電機子コイルが前記回転界磁極の磁界に対して一定の位相差をもつ回転磁界を形成するように、バッテリーから前記電機子コイルに通電する電動モードと、に切換えて作動させる切換手段と、を備え、前記MOSFETはSiCを素材として形成している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エンジンのクランク軸に連結された回転軸と共に回転する回転界磁極と、ハウジングに固定された電機子コイルおよびこれに巻回された電機子コイルを有する電機子と、複数の MOSFET により構成され、前記電機子コイルとバッテリーとの間に接続された交流-直流変換手段と、この交流-直流変換手段の前記 MOSFET を、前記電機子コイルに発生する交流出力を直流出力に変換して前記バッテリーを充電する発電モードと、前記電機子コイルが前記回転界磁極の磁界に対して一定の位相差をもつ回転磁界を形成するよう、前記バッテリーから前記電機子コイルに通電する電動モードとに切換えて作動させる切換手段と、を備え、前記 MOSFET は SiC を素材として形成されていることを特徴とする車両用発電電動装置。

【請求項 2】 前記バッテリーは 24V 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の車両用発電電動装置。

【請求項 3】 前記エンジン始動時に、別途設けられた専用スタータと連動して電動作動し、かつエンジンの必要とする総始動トルクの一部を、または始動トルク発生必要回転範囲の少なくとも一部を分担して補助始動トルクを提供することを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の車両用発電電動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、エンジンからトルクを受けて発電する機能及びエンジンにトルクを与える電動機能を有する車両用発電電動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、特開昭 63-202255 に示されるように、電機子コイルの電流を制御する開閉素子に MOSFET を用い、かつこの MOSFET の耐電圧補償をツェナーダイオードで行うようにした発電電動装置が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 前記従来技術は、従来 MOS (Si) においてそのオン抵抗が素子の必要耐圧とトレードオフの関係にあることに着眼して、パワーツェナーダイオードを付加することにより MOS の耐圧を低く設定して素子耐圧層を導く低オン抵抗として始動機能を向上している点で一定の効果があると考えられる。しかしこの従来技術は、付加するパワーツェナーが発電時の整流ダイオードとしての常時大電流電仕様でなければならないことや、その素子間のツェナー電圧にばらつきがあるとサージ吸吸時に特定のツェナー電圧の低い素子にエネルギーが集中して破壊し易いため、サージ耐量を大きく設定したり或はツェナー電圧の出来上りデータをチェックして選別工程を通す必要があり、きわめてコスト高になる。また、ツェナー用の放熱フィンが別途必

要となり大型になるなどの問題点がある。

【0004】 すなわち、上記従来技術は、発電電動装置において、発電時に内部で発生する高い電圧（例えば 12V 系バッテリーの場合十倍以上 150～300V）に対して素子を保護する必要性が生じ、そのために素子のオン抵抗が（電動作動のみを行う機械において必要素子耐圧が電源電圧の数倍程度で済む場合と比較して）高くならざるを得ず、その高いオン抵抗素子（耐圧層の厚い素子）でもってとりわけ静止エンジンを起動する際の大始動電流を通電制御するため（抵抗性素子であるから）さらに大きなオン抵抗となり、印加されたバッテリー電圧のかなりの割合を電圧降下として失わせるという不具合を MOSFET に付加要件を追加して解決するものであり、上述したような要件追加に起因する問題が新たに発生してしまう。

【0005】 本発明は上記不具合を、従来 Si-MOS とは本質的に異なる格段に高耐圧かつ低オン抵抗特性をもたらす素子を採用することにより解決するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、エンジンのクランク軸に連結された回転軸と共に回転する回転界磁極と、ハウジングに固定された電機子コイルおよびこれに巻回された電機子コイルを有する電機子と、複数の MOSFET により構成され、前記電機子コイルとバッテリーとの間に接続された交流-直流変換手段と、この交流-直流変換手段の前記 MOSFET を、前記電機子コイルに発生する交流出力を直流出力に変換して前記バッテリーを充電する発電モードと、前記電機子コイルが前記回転界磁極の磁界に対して一定の位相差をもつ回転磁界を形成するよう、前記バッテリーから前記電機子コイルに通電する電動モードに切換えて作動させる切換手段と、を備え、前記 MOSFET は SiC を素材として形成されていることを特徴とする車両用発電電動装置を提供する。

【0007】

【作用及び発明の効果】 上記構成によると、発電時に高い耐圧を求められるとともに電動時に大電流に対して低オン抵抗を求められる交流-直流変換手段の MOSFET に SiC を適用したことにより、素子部で電圧降下として失われる分が著しく減少し、ほとんどバッテリー電圧そのままを電機子巻線に与えることができるため良好な駆動トルクを得ることができる。

【0008】

【実施例】 以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図 1 は本案の第一実施例を示す構成図である。励磁調節手段を有さない磁石式回転子 1 と回転子によって誘導発電される三相電機子巻線 5 によって、発電機が構成される。この発電機はスタータにより始動される車両エンジン 30 によりベルトにて増速比約 3 で駆動される。

【0009】 図 2～図 5 は発電機の構成を示している。

これらの図に示すように、発電機外殻は一体の電気良導性金属よりなるフロントハウジング14とリアハウジング15で構成されており、4本のスルーボルト23で結合されている。ハウジング14及び15の内周にはステータコア2が固定され、ステータコア2には三相電機子巻線5が巻装されている。

【0010】ハウジング14、15に固定されたベアリング21、22は回転子を回転自在に支持している。回転子1は、16極と多極の界磁子となっており磁石18とロータコア12とそれらを支持する非磁性部材20とシャフト16とにより構成される。リアハウジング15の内側には、集積整流装置10がビスにより固定されている。集積整流装置10は前記三相電機子巻線端子の接近位置に配置されかつ電機子巻線端子の取出し部に対応した位置にまで短距離に延在した三相交流出力電流の入力端子10bと直流電流出力端子10cとバッテリー信号入力端子10bの入出力端子を持ち、三相電機子巻線5と三相交流電流入力端子10bとが後述の冷却風吐出窓26の位置において軟ろう付けで結線され、直流電流出力端子10cと車両バッテリー（図示せず）の正極端子とを連絡するハーネス（図示せず）とはナットで結線され、バッテリー信号入力端子10dとエンジンキースイッチ信号端子10aはコネクタで結線される。この一体成形された集積整流10は、入力端子を除き電磁シールドと放熱のため、金属製の電磁シールド部材9で囲包されている。

【0011】集積整流装置10は三相全波整流半導体回路10eと、それを制御する電機子電流切換え制御回路10fと、界磁正極回転角検出部10gとを有する。該界磁正極回転角検出部10gは図2に示す如く前記界磁回転子に設けられた磁石8に近接して前記集積整流装置の天井板部材9aよりも突出しており、この部分に磁界センサー（図示せず）を具備している。

【0012】回転子1にはその両側端面にファン17が設けられており、冷却風24をフロントハウジング14とリアハウジング15に設けられた吸入窓25から吸入する。集積整流10、吸入窓25及び吐出窓26はほぼ遠心方向へ並ぶように配置されている。これにより、冷却風の一部は、ファン17に対面してファン17のシュラウドのなすところの電磁シールド部材9の天井側部材9aの表面にあたって、吐出窓26から吐出する。また同様に、電磁シールド部材9の底側部材9bはリアハウジング15に熱伝達良好に密着して取り付けられている。

【0013】上記構成を有する集積整流装置10は、従来の車両用交流発電機の電圧調整器（レギュレータ）と三相全波整流器とを有する車両用交流発電機の三相全波整流器に比較して、軸方向リアハウジング15き端面正続の占有率がやく半減しておりこの省スペース化により、リアハウジングの吸気窓面積がアップし通風抵抗の

低減により前記整流制御装置のみならず前記電機子巻線の昇温防止降下をもたらし配線や導線き抵抗増加が抑制されトルクロスを低減することが出来る。

【0014】次に回路構成を図1に基づいて詳細に説明する。三相全波整流半導体回路10eは、単結晶の、特に結晶構造がいわゆる6H-SiCと呼ばれるSiCを素材するチャンネルエンハンスメント形式のMOSパワートランジスタ19a~19fからなる三相全波整流器であって、ハイサイドのトランジスタ19a~19c共通ソース領域および電極を有してお三相電機子巻線5の各相出力端とバッテリー21の高位端とを接続しており、ローサイドのトランジスタ10d~19fは共通ドレイン領域および電極を有しており三相電機子巻線5の各相出力端とバッテリー21の低位端とを接続している。

【0015】電機子電流切換え制御回路10fは、入力される三相電機子巻線5の各相出力端から各相発電電圧Vu、Vv、Vwを入力しており、これらの入力信号に基づいてMOSパワートランジスタ19a~19fの各ゲート電極に印加するゲート電圧を制御している。すなわち、集積整流制御装置10の電機子電流切換え制御回路10fがバッテリー21の電圧を読み取り、それば一定となるようにMOSパワートランジスタ19a~19fを開閉制御する。そしてその切換え制御は、前記界磁正極の回転角検出部10gの出力信号に基づいて、電機子電流の作る回転磁界が回転子界磁正極と所定の角度をもって回転するよう同期周波数で行うようにしている。

【0016】また、上記電機子電流切換え制御回路10fは、キースイッチ信号IGやエンジンスタート信号STが入力されており、エンジンスタート時には上記回転磁界の位置が前記界磁正極に対して直交してモータ作動するようなタイミングで電機子電流が切り換えられるようにしている。上記したSiCを用いたMOSパワートランジスタ式三相全波整流器半導体回路10eの詳細を図6及び図7、図8を参照して以下、更に説明する。ただし、図6はこの実施例のMOSパワートランジスタ式三相全波整流器半導体回路を転記回路風に表現したインバータ回路図であり、図7、図8はMOSパワートランジスタ19a~19fの断面構造の一部を示す。

【0017】図6のNチャンネルMOSパワートランジスタのインバータ回路は、ハイサイドのMOSパワートランジスタ19a、19b、19cのドレイン電極DとローサイドのMOSパワートランジスタ19d、19e、19fのソース電極Sとが三相電機子巻線5の一相出力端に接続され、ローサイドのMOSパワートランジスタ19d、19e、19fのドレイン電極Dがバッテリー21の低位端に接続され、ハイサイドのMOSパワートランジスタ101のソース電極Sはバッテリー21の高位端に接続される。なお、バッテリー充電時における充電電流の方向と電子の移動方向とは逆であり、ソース電極はこの充電時におけるキャリア電荷をチャンネルへ注入

する側の電極をいう。

【0018】MOSパワートランジスタ19a~19c, 19d~19fでは図7に示す如くP型ウエル領域103すなわちゲート電極110直下の領域とソース電極S又はドレイン電極Dとの間にソース接続側の寄生ダイオードDsとドレイン接続側の寄生ダイオードDdとが周知のように生じるが、P型ウエル領域103への電位付与の必要から、ハイサイドのMOSパワートランジスタ19a, 19b, 19cのP型ウエル領域103はドレイン電極Dに高抵抗体120を通じて接続される。

【0019】一方、ローサイドのMOSパワートランジスタも、そのP型ウエル領域103への電位付与の必要から、そのP型ウエル領域103とソース電極Sが短絡されている。これにより、ハイサイドのMOSパワートランジスタ19a, 19b, 19cにおけるソース接続側の寄生ダイオードDsがバッテリー21からの上記逆流を阻止する。

【0020】一方、例えば150オーム以上という高抵抗値を有する高抵抗体120は、発電電圧すなわちローサイドのMOSパワートランジスタ101のソース電位が正の場合でかつそのMOSパワートランジスタ(図示せず)がオフした場合において、電流がドレイン接続側の寄生ダイオードDdを通じての電流の逆流を許容範囲に圧縮する。

【0021】次に、図6の二相全波整流器10のハイサイドのMOSパワートランジスタ101の断面構造の一部を図8を参照して説明する。SiCのN⁺型基板106上にN型耐圧層105がエピタキシャル成長により形成され、N型耐圧層105の表面部にP型ウエル領域103がアルミニウムをイオン注入することにより形成され、更にP型ウエル領域103の表面部にN⁺型領域104が窒素をイオン注入することにより形成される。そして、ウエハ表面のトレンチ形成予定領域だけを開口してレジストや絶縁膜でマスクしつつ周知のR, i, Eドライエッチングによりトレンチ108が凹設され、その後、トレンチ108の表面に熱酸化法によりシリコン酸化膜からなるゲート絶縁膜109を形成し、その後、トレンチ108にドーブドポリシリコンからなるゲート電極110を形成する。

【0022】その後、ホトリソグラフィによりフィールド絶縁膜(図示せず)を開口し、ニッケル電極111をN⁺型領域(ソース電極)104及びP型ウエル領域103にコンタクトし、金電極112をN⁺型基板(ドレイン電極)106にコンタクトして素子を完成する。このニッケル電極111は、スパッタリングや真空蒸着により形成される。

【0023】このようにすると、ニッケル電極111とP型ウエル領域103との間にニッケルとSiCの高抵抗の合金層(図示せず)が形成され、この合金層が高抵抗体120を構成する。上記高抵抗体120の製造方法

は簡単であり、製造高低を延長しない利点がある。ハイサイドトランジスタ19a~19cにおいて、高抵抗体は、ドレイン領域とウエル領域との間の寄生ダイオード(ドレイン接続側の寄生ダイオードDd)と並列に接続されるので、ウエル領域はこの高抵抗体を通じて電位付与される。このようにすればソース領域とウエル領域との間の寄生ダイオード(ソース接続側の寄生ダイオードDs)を通じて流れるバッテリー充電電流は高抵抗体により大幅に削減され、バッテリー過充電は良好に抑止される。

【0024】ローサイドトランジスタ19d~19fにおいて、高抵抗体は、上記ソース接続されるので、ウエル領域はこの高抵抗体を通じて電位付与される。このようにすれば、三相電機子巻線の電位が高く、MOSパワートランジスタのドレイン電位が低い場合には、上記寄生ダイオードDdは順バイアスとなるが、バッテリーからこの寄生ダイオードDdを通じて逆流する電流はこの高抵抗体により良好に抑止される。

【0025】したがって、この高抵抗体内蔵MOSパワートランジスタでは、ウエル領域への電位付与のためにウエル領域とドレイン領域とを短絡する必要がない。その結果、ウエル領域とドレイン領域との間に耐圧層を設けることができる。このことは、ソース電極とチャンネル始端との間に耐圧層を設ける必要がないので、ソース寄生抵抗Rsに基づく大きな電力損失及び発熱を格段に低減できることを意味する。

【0026】この実施例では、MOSパワートランジスタオフしている場合に高電圧(例えば+300V)がソース領域106とドレイン電極111との間に印加されると、主にN型耐圧層105に空乏層を張り出してこの高電圧に耐えることになる。その結果、このN型耐圧層105はソース帰還抵抗Rsとなり、上述したようにそれ自身の抵抗とチャンネル抵抗増加効果とにより電力損失を発生する。

【0027】しかし、この実施例では単結晶Siを素材とするので、N型耐圧層105の厚さ及び不純物濃度を従来のSiに比較して大幅に向上することができる。以下、N型耐圧層105の耐圧300Vとする場合のN型耐圧層105の設計条件を考える。Siの場合、その降伏電界強度は約30V/μmであり、N型耐圧層105の厚さは約2.0μmとなり、その不純物濃度は約1×10¹⁵原子/cm³となり、このSi-N高耐圧層105の抵抗率は5Ω・cmとなる。

【0028】一方、SiCの場合、その降伏電界強度は約400V/μmであり、N型耐圧層105の厚さは約4μmとなり、その不純物濃度は約2×10¹⁸原子/cm³となり、その結果、このN型耐圧層105の抵抗率は約1.25Ω・cmとなる。したがって、N高耐圧層105の抵抗は抵抗率×厚さであるので、SiCのN型耐圧層105はSiのN型耐圧層105に比較し

て、約 $1/20$ の抵抗値まで低減可能となる。

【0029】結局、上記の SiC の MOS パワートランジスタにおける上記ソース寄生抵抗 R_s は Si に比較して約 $1/15$ に低減することができ、またそれに応じて上記説明したようにチャンネル抵抗も大幅に減少することができ、それらの相乗効果により極めて低損失の車両用始動兼発電機用の三相全波整流半導体回路部 19 を実現することができる。

【0030】すなわち、SiC を採用したことにより N 型耐圧層 105 の降伏電界強度の改善することにより、従来のものからは予測し得ない優れた効率をもつ三相全波整流半導体回路部 19 を実現できることがわかった。当然、上記した関係は N 型耐圧層 105 に 300V 以外の他の高電圧を印加した場合も同じである。上記のように構成された本実施例の三相全波整流器半導体回路部 19 の他の作用効果を以下に説明する。

【0031】この磁石式発電機では、高回転域では発電電圧が増大するため、従来の MOS パワートランジスタ式三相全波整流器では MOS パワートランジスタのオフ時でもバッテリーが過充電される問題があった。これは、バッテリーから三相電機子巻線への逆流防止のために寄生ダイオード Dd を短絡してウエル領域に電位付与せざるを得ないためである。この問題を解決するために、本実施例では、三相全波整流器 19 のハイサイドの MOS パワートランジスタ 19a~19c のドレイン電極 D と P 型ウエル領域 103 とを高抵抗体 120 により接続し、この高高低体 120 を通じて P 型ウエル領域 103 に電位付与する。

【0032】このようにすれば、ハイサイドの MOS パワートランジスタ 19a~19c の寄生ダイオード Dd がチャンネルをバイパスするバッテリー充電電流を阻止するために、バッテリー 21 の過充電は阻止される。また、ローサイドトランジスタの高抵抗体 120 は三相電機子巻線の短絡電流を許容範囲無に制限する。次に、同一チップサイズ及び設計ルールで製造した Si ダイオードと Si の MOS パワートランジスタと SiC の MOS パワートランジスタの電圧・電流特性を図 9~図 10 に示す。ただしそれらの耐圧は 250V としている。図 9 は Si ダイオードの特性を示し、図 10 は Si の MOS パワートランジスタの特性を示し、図 11 は SiC の MOS パワートランジスタの試験特性を示す。図 9~図 10 からわかるように、ソースドレイン間電流 7.5A の条件において本実施例の三相全波整流半導体回路 19 は従来の三相全波整流器に比較して電力損失を 90% 以上削減することが可能となった。

【0033】図 11 に、MOS パワートランジスタの要求耐圧を変えた場合のオン抵抗率についての計算結果の一例を示す。なお、このオン抵抗率はチャンネル抵抗と N 型耐圧層 105 の抵抗との和であるが、特にチャンネル抵抗は各種ファクタにより変動するものの、図 12 か

らわかるように高耐圧領域では N 型耐圧層 105 の上記抵抗が支配的となる。

【0034】すなわち、耐圧が増加してもチャンネル抵抗自体はほとんど変化しないが（ソース寄生抵抗 R_s の増加による上記帰還効果によるチャンネル抵抗の増加を無視した場合）、N 型耐圧層 105 の抵抗は耐圧に正の相関関係を保ちつつ増加する。したがって、Si では耐圧 25V 近傍から耐圧増加とともにオン抵抗率が比例的に増加するものの、SiC では耐圧 250V までは N 型耐圧層 105 の抵抗増加はほとんど無視でき、耐圧 250V を越えてはじめてオン抵抗率がゆっくりと増加することがわかる。

【0035】この実施例では、ハイサイドの MOS パワートランジスタ 19a~19c はソース側に耐圧層を有する共通ソース構造とすることができ、ローサイドの MOS パワートランジスタ 19d~19f はドレイン側に耐圧層を有する共通ドレイン構造とすることができるので、図 1 に示すようにコモンソースのハイサイド MOS パワートランジスタ 19a~19c を 1 個のチップで構成し、図 17 に示すようにコモンドレインのローサイドの MOS パワートランジスタ 19d~19f を 1 個のチップで構成している。

【0036】更に詳しく説明すると、図 1 において、N⁺ 型基板 106 はハイサイドの角 MOS パワートランジスタ 19a~19c の共通のソース電極 S を構成し、基板 106 上には角相の P 型ウエル領域 103a~103c が互いにパンチスルー不能な距離だけ充分離れて個別に形成され、各 P 型ウエル領域 103a~103c の表面部にはそれぞれ N⁺ 型のドレイン領域 104a~104c が個別に形成され、各 P 型ウエル領域 103a~103c の表面部には絶縁膜 109 を介してゲート電極 110a~110c が配設され、各ドレイン領域 104a~104c はゲート電極 110a~110c により耐圧相 105 に個別に導通される。

【0037】このようにすれば、1チップ上に 3 個のハイサイドの MOS パワートランジスタ 19a~19c からなるハーフブリッジをなんら高低を増加することなく集積できるという優れた効果を奏する。また、各 MOS パワートランジスタ 19a~19c の電力損失が小さいので、上記集積により各阻止が高温化することも回避できる。

【0038】また図 1 において、N⁺ 型基板 106 はローサイドの各 MOS パワートランジスタ 19d~19f の共通のドレイン電極 D を構成し、基板 106 上には各相の P 型ウエル領域 103d~103f が互いにパンチスルー不能な距離だけ充分離れて個別に形成され、各 P 型ウエル領域 103d~103f の表面部にはそれぞれ N⁺ 型のソース領域 104d~104f が個別に形成され、各 P 型ウエル領域 103d~103f の表面部には絶縁膜 109 を介してゲート電極 110d~110f が

配設され、かくドレイン領域104d~104fはゲート電極110d~110fにより耐圧層105に個別に導通させる。

【0039】このようにすれば、1チップ上に3個のハイサンドのMOSのパワートランジスタ19d~19fからなるハーフブリッジをなんら工程を増加することなく集積できるという優れた効果を奏する。また、各MOSパワートランジスタ19d19fの電力損失が小さいので、上記集積により各素子が高温化することも回避できる。

【0040】以上のように、発電機能を有する、特に磁石式であるために高い耐圧を求められるとともに始動時逆起電圧の無い時に流れる大電流に対して低オン抵抗を求められる全波整流半導体回路10eに、単結晶6H-Siを用いたことにより、素子部で電圧降下として失われる分が著しく減少し、ほとんどバッテリー電圧そのままを電機子巻線に与えることができたため図12に示す如く起動時的50%、連爆回転数100rpmにおいて約60%と飛躍的なトルク向上効果を得、本発明の主目的を果たすことができ、さらにまた寄生ダイオードを順方向に通じようとする電源シートを高抵抗層で遮断する双方向整流制御素子とできたので界磁回転子が小型低コストの永久磁石式とすることが出来、本発明の第2の目的を果たすことが出来た。

【0041】尚図12は、発電機として12V120Aクラス、電機子鉄心外径約φ130mmのものを始動機として作動させた時の実験値であり、プーリ比2.9の場合エンジンクランクプーリ側での始動としてプロットしたものである。なお起動時(回転数=0rpm)と、連爆回転数100rpmにおけるトルクを比較して、100rpmのトルクの上昇率がより10ポイント大きいのは、前述の如くSiCトランジスタが低オン抵抗であるために発電機として必要な電機子巻線の巻数が素子のオン抵抗改善分だけ少なくとも端子電圧確立できることにより巻数を少なくして交流インピーダンスが低下したことに基づいている。このようにSiC採用による副次効果も生まれることがわかった。

【0042】なお、前述構成で述べたようにエンジンに対してベルトで増速駆動される16極の多極界磁回転子であるがためにその起動力周波数は、エンジンアイドルが約500rpmの時でも200Hz、エンジンが高速運転中は約2kHzと非常に高く、なお前記MOSFETは低騒音化のためキャリア周波数をその約十倍程度に選ぶのが普通であるから、MOSFETの開閉周波数は極めて高い(2kHz~20kHz)。

【0043】この場合前記整流回路部に配線インダクタンスがあると導通制御のスピードが上げにくい上、雑音電波の放射が著しく実用上問題があることがわかっているが、本発明の如くパルスの信号、また電力変化がある部分を集積パッケージ化してこれをノイズ防止用金属板

で囲包し、さらにこれを金属製のフロントハウジング、リヤの内中央部に装着したことにより上記問題点の発生を防ぐことができるというすぐれた効果がある。

【0044】

【その他の実施例】図13は、前記三相全波整流半導体回路10eの制御方式を提案するのであって、車両エンジン制御コンピュータに機能統合されたコントローラ(図示せず)により、この制御は実行される。もちろん、電機子電流切換え回路10fがこの制御動作を行うこともできる。

【0045】以下この制御動作を説明する。まず、バッテリー電圧を入力し(200)、それに基づいてバッテリー充電状態を推定する(202)。次に、三相電機子巻線5の各相出力端から入力発電機電圧信号Vu, Vv, Vwを入力し(204)、それらに基づいてから各相の線間電圧を計算し(206)界磁極角度検出し(2061)、静止時など角度検出に失敗したときは予め定めた推定論理により推定角度を与え(2062)、エンジン点火可能かどうかのIG信号を入力し(2063)、エンジン始動信号が来ているかどうかを入力(2064)、始動すべきときと、発電すべきときかを選択するとともに、始動すべきときはモータ作動となるようにSiCMOSFETを切換え選択する、また発電すべきときは、線圧だ電圧がバッテリー電圧を越える電圧であり、かつ、バッテリーを充電する方向である相を検出し、その相の線間に接続されるハイサイド及びローサイドのMOSパワートランジスタを選択する(208)。

【0046】次に、相電圧より発電機回転数を計算し(210)、それに基づいてエンジンの回転数を検出し、メモリに格納する(212)。次に、アイドル時のエンジン不整燃焼に伴うトルクむらにもとづく回転2次高調波成分(4気筒の場合)、回転3次高調波成分(6気筒の場合)のなどのエンジン回転脈動を検出する(214)。

【0047】次に、計算したバッテリー充電状態と、エンジン回転脈動よりあらかじめ定めてある制御パターンを検索し(216)、MOSパワートランジスタ19a~19fの導通時間、開閉タイミングなどの制御量を決定し、決定した制御量に基づいてMOSパワートランジスタ19a~19fを開閉制御する(218)。このようにすれば、例えば、バッテリー残容量が小の場合は充電を重視した発電制御を行い、エンジン回転脈動量が大きい場合はエンジン回転脈動を制御するように発電量を変えトルク制御を行うことが可能となる。

【0048】なお従来、このような回転の脈動に対する抑制制御は理論上考えられたが実用化に至っていないのは、界磁式巻線式発電機の場合には界磁コイルに機械振動が伝わり回動故障を招いたり、界磁回路の時定数が大きく、高速で回転の脈動を抑制するのに適さないことが原因としてある。また永久磁石回転子の場合には、前述

した如く出力電流を低損失に制御できる手段が発見されていなかったことがあげられる。本実施例により、電力損失の増大を抑止しつつエンジンの回転振動の低減を実現することができる。

【0049】上記格実施例において、ハイサイドのMOSパワートランジスタ19a~19cとローサイドのMOSパワートランジスタ19d~19fのどちらかを、PN接合ダイオードに置換することもできる、またSiC-MOSFETとSi-MOSFETとを混用することもできる。更に、本実施例は励磁磁束量の制御を行わない界磁コイル式回転子にも適用することができる他、界磁コイルと磁石とを併用する構造の回転子にも適用することができる。

【0050】以上の説明では、車両用始動兼発電機の三相全波集積型装置10整流器について説明したが、本実施例の三相全波整流器半導体回路10eはスイッチング可能であるので、三相交流電圧を発生するスイッチングインバータ回路としても採用又は兼用できることは当然である。また以上の説明ではクランクプリーにより発電機を駆動しているが、ギヤであってもプラネタリローラであってもよくまたミッション側のリングギヤを大径プリーとしてこれによりベルト駆動しても、また直結であってもよい。また以上の説明では、全波整流回路部、また整流制御回路部、角度検出部を一体とした実施例を示しているが、格々別体であってもよい。また以上の実施例では発電機を永久磁石式としているが、界磁巻線式であっても相応の効果が生まれることは言うまでもない。

【0051】また以上の実施例では該始動兼発電機が補助スタータとして作動することを開示しておりメインスタータの小型化効果をもたらすことを示すものだが、ベルトのプリー比を2~5程度の間で適当に高増速比を選択してメインスタータなくして全始動トルクをまかなうことも可能であり、この場合メインスタータを省略できる効果が生まれる。また、メインスタータに起動時の大*

$$r_c = L/W / (1/\mu_s \cdot \epsilon_s \cdot \epsilon_s)^{-1} \cdot (T_{ox} / (V_g - V_t))$$

【0055】

【数2】

$r_b = 4Vb^2 \cdot (1/\mu \cdot \epsilon_s \cdot \epsilon_o \cdot Ec \cdot A)$
とすると、SiのMOSパワートランジスタに比較してSiCのMOSパワートランジスタは約1/15の抵抗値となった。ただし、降伏電界強度EcはSiが 3×10^6 、SiCは 3×10^6 V/cm、比誘電率 ϵ_s はSiが11.8、SiCが10.0、面積Aは両者とも 1mm^2 、Vbはブレークダウン電(耐圧)である。

【0056】更に、 μ は電子バルク移動度であって、Siが 1100 、SiCは $370\text{cm}^2 / (V \cdot S)$ 、チャンネル長Lは両者とも $1\mu\text{m}$ 、チャンネル幅Wは両者とも $222\mu\text{m}$ 、 μ_s は電子のチャンネル移動度であって、Siが 500 、SiCは $100\text{cm}^2 / (V \cdot S)$ とした。上記式から、耐圧50V以上ではSiCの方が

*ロックトルクを分担させ、起動後から連爆回転数域を該始動兼発電機のみで補助駆動することもできる。

【0052】また、以上の説明では、エンジンとの動力伝達を一定比率で増速して行う構成を示しているが、可変速機構や、クラッチを介して行うとより必要電動トルクはすなわち素子通電々流は少なくすみ素子オン抵抗で失われる電圧ロスも小さくなる効果があることは言うまでもない。また、以上の構成では、発電大電力サージ吸収用パワーツェナーダイオードは採用する必要はなくなる訳で、これを用いていないが、車両によっては外部より大きな添加サージが出力線に誘導されて表示の信頼性を低下する場合もあり得る。この場合に小エネルギーのこのような外来サージを吸収するためのツェナーや、キャパシター等を付加することは当業者容易であるとともに、本願発明の構成・作用効果の範囲に属することは言うまでもない。

(Si-MOSパワートランジスタとSiC-MOSパワートランジスタの耐圧と抵抗値との関係の解析)なお、上記した各実施例のMOSパワートランジスタ19a~19fは6H-SiCを素材として耐圧250Vに設計しているが、この6H-SiCのMOSパワートランジスタ19a~19fを用いた車両用交流発電機用の三相全波整流器19と、SiのMOSパワートランジスタを用いた車両用交流発電機の三相全波整流器19との抵抗値の解析効果(図12参照)を以下に理論的に説明する。

【0053】ただし、ここではソース寄生抵抗Rsの帰還効果によるチャンネル抵抗増加効果は無視するものとする。また、回路構造は、図8の縦型構造とし、チップ面積は等しくする。トランジスタの抵抗Rは、チャンネル抵抗rcとN+型耐圧層105の抵抗rbとの和であり、

【0054】

【数1】

抵抗値が小さくなることがわかった。なお、上記計算でみ基板をドレインとしているので、基板をソースとする場合には上記説明したソース寄生抵抗Rsの帰還効果によるチャンネル抵抗増加によりSiの抵抗は格段に増大する筈である。

【0057】したがって、設計ルールが多少変化しても耐圧100V以上では確実にSiCのMOSパワートランジスタが低抵抗となると推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す回路構成図である。

【図2】上記実施例における車両用発電機の断面図である。

【図3】上記車両用交流発電機のカバーを除去した状態でリヤ側から見た側面図である。

【図4】上記車両用交流発電機に内蔵された整流装置の

斜視図である。

【図5】上記車両用交流発電機に内蔵された整流装置の斜視図である。

【図6】上記車両用交流発電機の回路図である。

【図7】図4の整流装置を構成するMOSパワートランジスタの一例を示す一部拡大断面図である。

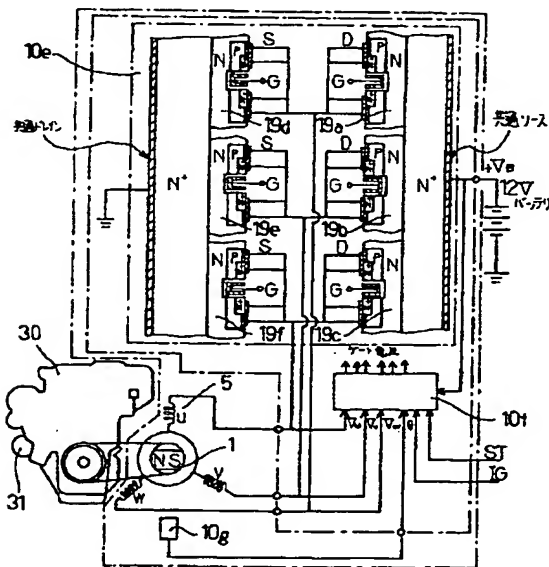
【図8】図4の整流装置を構成するMOSパワートランジスタの一例を示す一部拡大断面図である。

【図9】SiCを素材とするMOSパワートランジスタの電圧-電流特性図である。

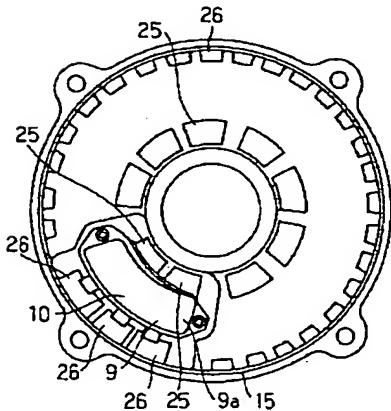
【図10】SiCを素材とするMOSパワートランジスタの電圧-電流特性図である。

【図11】図9及び図10のMOSパワートランジスタの耐圧とチャンネル抵抗との関係を示す図である。

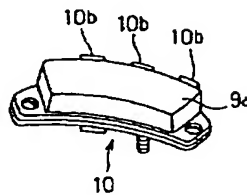
【図1】



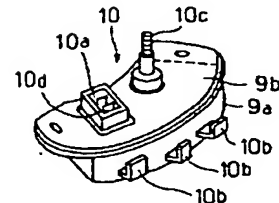
【図3】



【図4】



【図5】



【図12】図9、図10のMOSパワートランジスタを用いた場合の回転数とトルクとの関係を示す図である。

【図13】上記車両用交流発電機の制御例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

5 三相電気子巻線

21 バッテリ

19a~19c ハイサイドのMOSパワートランジスタ

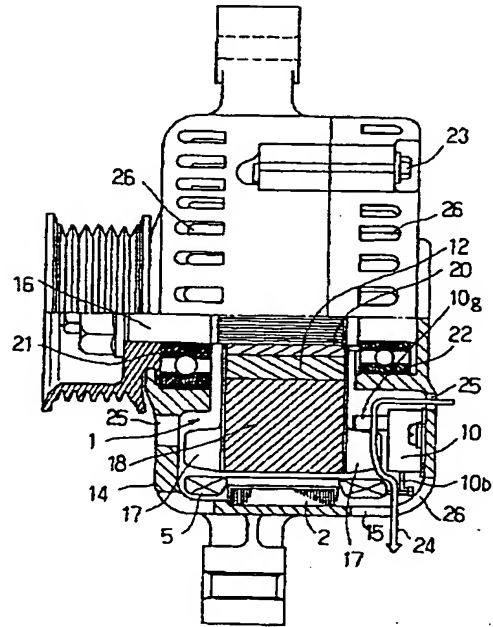
19d~19f ローサイドのMOSパワートランジスタ

19 三相全波整流器

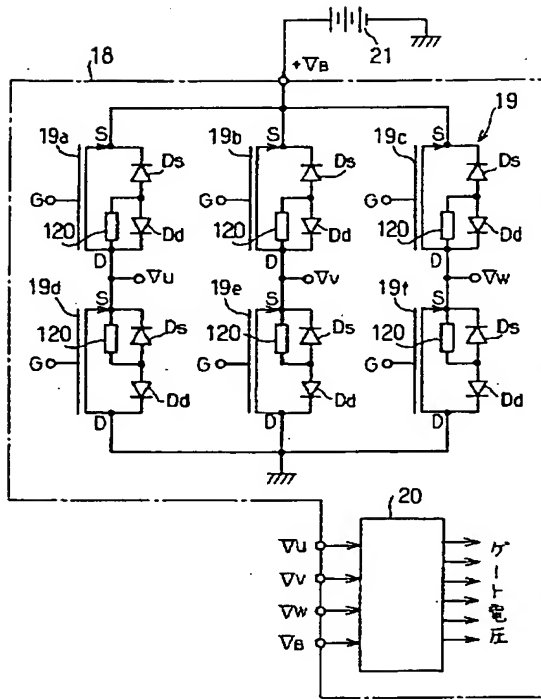
20 電圧調整器

120 高抵抗体

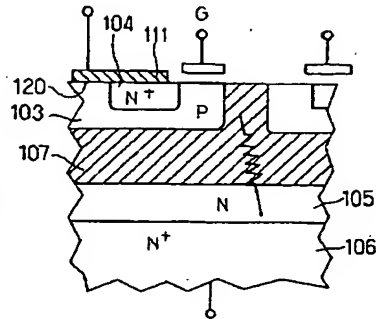
【図2】



【図 6】

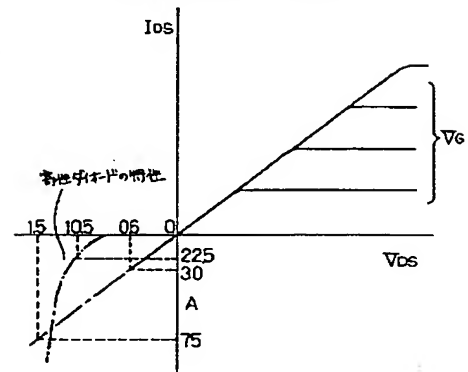


【図 7】

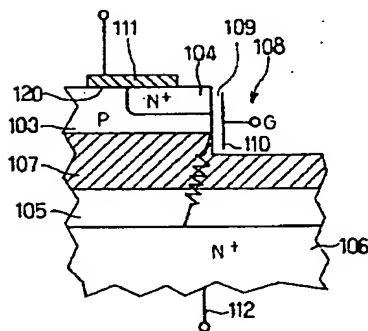


【図 10】

(従来のSi-MOSFETの特性の例)

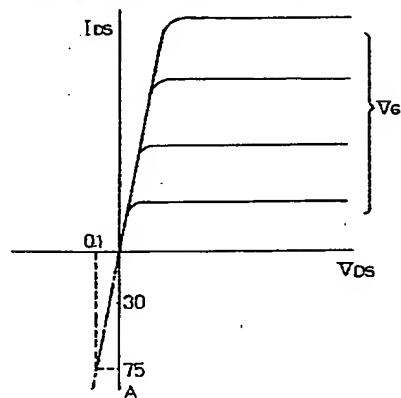


【図 8】

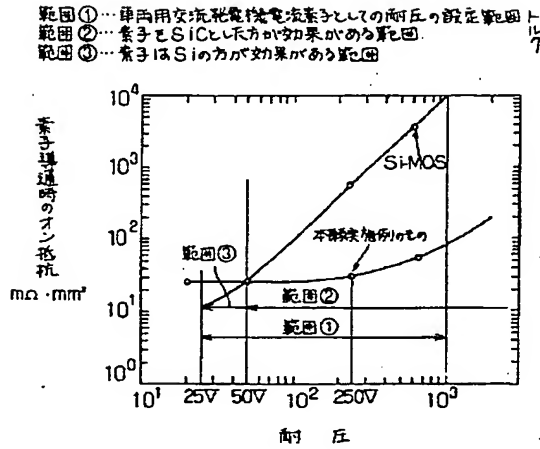


【図 9】

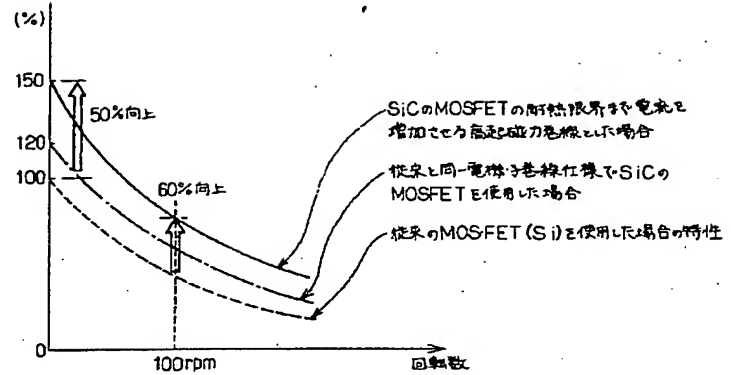
(本発明のSiC-MOSFETの特性の例)



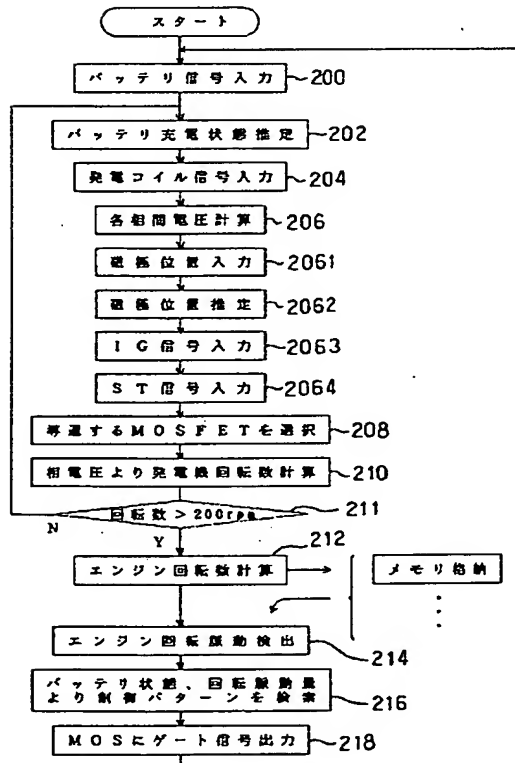
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 戸倉 規仁
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
 装株式会社内

(72)発明者 佐藤 博英
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
 装株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.